

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-41453

(P2001-41453A)

(43)公開日 平成13年2月13日 (2001.2.13)

(51)Int.Cl.\*

F 23 R 3/00  
F 02 C 9/00

識別記号

F I

F 23 R 3/00  
F 02 C 9/00

テーマコード(参考)

E  
B

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平11-219569

(22)出願日

平成11年8月3日(1999.8.3)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 平田 義隆

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(72)発明者 吉田 正平

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガスタービン燃焼装置及びガスタービン燃焼方法

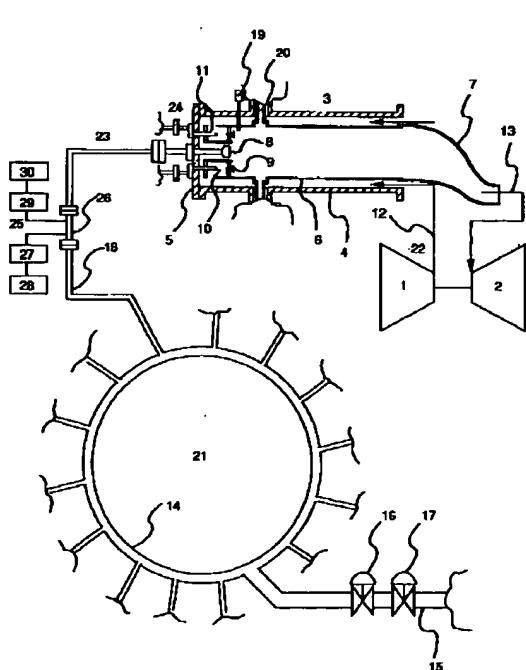
(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、ガスタービン燃焼器の運転開始時の点火不具合を抑制することにある。

【解決手段】複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置とを備えたことを特徴とする。

【効果】ガスタービン燃焼器の運転開始時の点火不具合を抑制することができる。

図1



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置とを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項2】複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部の媒体の密度を検出する手段とを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項3】複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置と、該音波発生装置及び該音波受信装置による音波の周波数を分析する周波数分析装置と、該分岐管の内部温度を検出する温度検出装置とを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項4】燃料と空気を供給し高温の燃焼ガスを発生させる複数のガスタービン燃焼器を備え、該複数の燃焼器への燃料供給が燃料母管からマニホールド、分岐管を介して行われるようなガスタービン燃焼装置において、該マニホールド下流に設けられている分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置と、前記分岐管内部の温度を検出するための温度検出装置を設けたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項5】請求項4に記載のガスタービン燃焼装置において、前記分岐管内部に共鳴管を設け、該共鳴管に音波を発生する音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置と、前記配管内部の温度を検出する温度検出装置を設けたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項6】請求項4に記載のガスタービン燃焼装置において、前記分岐管内部に設けられた音波受信装置の信号から、燃焼器の点火指令を発生させる点火操作指令制御装置を設けたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項7】複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給して該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部に音波を発生させ且つ前記音波を受信して分岐管内部の気体を検知し、その検知された結果に基づき前記点火装置を制御することを特徴とするガスタービン燃焼方法。

【請求項8】複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給するガスタービンの燃焼方法において、ガスタービン運転停止時に少なくとも前記分岐管に不活性ガスを封入し、ガスタービン運転開始

2

時に前記不活性ガスを排出したのちに、該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部の媒体密度を検出し、この検出値に基づき前記点火装置を制御することを特徴とするガスタービン燃焼方法。

【請求項9】複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給するガスタービンの燃焼方法において、ガスタービン運転停止時に少なくとも前記分岐管に不活性ガスを封入し、ガスタービン運転開始10時に前記不活性ガスを排出したのちに、該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部に音波を発生させ且つ前記音波を受信して分岐管内部の気体を検知し、その検知された結果に基づき前記点火装置を制御することを特徴とするガスタービン燃焼方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガスタービン燃焼装置及びガスタービン燃焼方法に係り、特に、ガスタービン燃焼器に供給される燃料の供給系統に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】通常、ガスタービンの燃料供給方法は、燃料タンク内の燃料ガスをガスコンプレッサ等で所定の圧力まで昇圧し、燃料タンクに連絡されている燃料母管から燃料配管を通り、圧力調節弁と流量調節弁で燃料ガス流量を制御し、各燃焼器へ燃料を供給するための燃料マニホールド、燃料分岐管を通って燃焼器へ燃料ガスを供給する。

【0003】ガスタービン燃焼器の点火の際は、外部エネルギーによってガスタービンを所定の回転数まで上昇させて、燃焼器内に空気を導入し燃焼器内に滞留している恐れのある燃料ガス等を排出し、燃料ガスによる異常燃焼を防止する。その後、回転数を点火回転数まで降下し、点火に必要な燃料ガスを、圧力調節弁と流量調節弁で調節し、燃焼器に投入して点火アラグによって点火させる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】通常、ガスタービンは、電力需要によって起動、停止を頻繁に繰り返すことが多く、停止時には燃料供給系統に空気が混入し、空気と燃料ガスが混合し、燃焼可能な混合ガスとなることが考えられる。このため、ガスタービンの長期停止時や、定期検査時には燃料供給系統に窒素ガス等を封入し、異常燃焼の発生を防止している。長期停止や定期検査後の運転時には、燃料供給系統内に封入されている窒素ガスをプローチしてから点火操作を行うが、燃料配管内の窒素ガスが完全に排出されない場合があり、この状態で点火操作を行うと、点火に必要な量の燃料ガスが所定時間内に供給されなくなり、点火不具合を起こす可能性が考え

られる。

【0005】本発明の目的は、ガスタービン燃焼器の運転開始時の点火不具合を抑制することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のガスタービン燃焼装置は、複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置とを備えたことを特徴とする。

【0007】或いは、本発明のガスタービン燃焼装置は、複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部の媒体の密度を検出する手段とを備えたことを特徴とする。

【0008】或いは、本発明のガスタービン燃焼装置は、複数のガスタービン燃焼器と、該複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介して燃料を供給するマニホールドと、該分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置と、該音波発生装置及び該音波受信装置による音波の周波数を分析する周波数分析装置と、該分岐管の内部温度を検出する温度検出装置とを備えたことを特徴とする。

【0009】或いは、本発明のガスタービン燃焼装置は、燃料と空気を供給し高温の燃焼ガスを発生させる複数のガスタービン燃焼器を備え、該複数の燃焼器への燃料供給が燃料母管からマニホールド、分岐管を介して行われるようなガスタービン燃焼装置において、該マニホールド下流に設けられている分岐管の内部に音波を発生させる音波発生装置と、前記音波発生装置から発生された音波を受信する音波受信装置と、前記分岐管内部の温度を検出するための温度検出装置を設けたことを特徴とする。

【0010】或いは、本発明のガスタービン燃焼方法は、複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給して該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部に音波を発生させ且つ前記音波を受信して分岐管内部の媒体を検知し、その検知された結果に基づき前記点火装置を制御することを特徴とする。

【0011】或いは、本発明のガスタービン燃焼方法は、複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給するガスタービンの燃焼方法において、ガスタービン運転停止時に少なくとも前記分岐管に不活性ガスを封入し、ガスタービン運転開始時に前記不活性ガスを排出したのちに、該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部の媒体密度を検出し、この検出値に基づき前記点火装置を制御することを特徴とする。

【0012】或いは、本発明のガスタービン燃焼方法は、複数のガスタービン燃焼器に分岐管を介してマニホールドから燃料を供給するガスタービンの燃焼方法において、ガスタービン運転停止時に少なくとも前記分岐管に不活性ガスを封入し、ガスタービン運転開始時に前記不活性ガスを排出したのちに、該ガスタービン燃焼器の点火装置により点火するガスタービンの燃焼方法であって、該分岐管の内部に音波を発生させ且つ前記音波を受信して分岐管内部の媒体を検知し、その検知された結果に基づき前記点火装置を制御することを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態では、ガスの種類の違いによる密度の違いから、比熱比、ガス定数が異なる為、その結果、音速が異なるという現象を利用して、分岐管内部に設けた音波発生装置から発生した音波を音波受信装置で受信し、周波数分析を行うことで、音速の違いによる周波数の違いを検出することができ、燃焼器に連絡されている分岐管内部に存在するガスが窒素であるか燃料ガスであるかを判別することができる。

20 【0014】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。図1は、本発明の第一の実施例を示し、本発明の燃焼装置を備えたガスタービンプラントの要部が示されている。

【0015】このガスタービンプラントは、主として、ガスタービン2と、ガスタービン2に連結され、燃焼用の圧縮空気12を得る圧縮機1と、燃焼器3とより構成されている。

30 【0016】圧縮機1より吐出された圧縮空気12は燃焼器3に導かれる。燃料は気化装置で燃料ガスに気化されて、ガスコンプレッサーで昇圧される。

【0017】この燃料ガスは燃料母管15を通り、圧力調節弁17と流量調節弁16で所定の燃料流量に制御され燃料マニホールド14へ送られる。燃料マニホールド14から各燃焼器へ燃料ガスを分岐し、燃料分岐管18を通り各燃焼器3へと導かれる。

40 【0018】燃焼器3へ導かれた燃料ガスは、燃焼器内筒6の内部に形成されている燃焼室で燃焼する。燃焼によって生成された燃焼ガス13は、トランジションピース7を経てガスタービン2に噴射されガスタービン2を駆動する。そして、図示してはいないが、一般にガスタービン2に連結されている発電機によって発電するよう構成されている。

【0019】燃焼器3の主な構成は、燃料ガス供給系21及び空気供給系22からなり、これが外筒4及びエンドカバー5とで密閉された圧力容器に装備されている。内筒6の上流の軸中心部には、燃焼安定性の良い拡散バーナ8が設けられ、この拡散バーナ8の外周位置には、予混合器10が設置されており、予混合器10の上流位置には、予混合燃料ノズル11が、下流位置には予混合

火炎の安定性を図る保炎器9が設置されており、拡散バーナ8には拡散燃料供給系が、予混合燃料ノズルには予混合燃料供給系が設置されている。また、隣接する燃焼器は火炎伝播管20で連絡されている。

【0020】通常、ガスタービン燃焼器の点火の際は、外部エネルギーによってガスタービン2を所定の回転数まで上昇させて、燃焼器3内に圧縮空気12を送り込み、燃焼器3内に滞留している恐れのある燃料ガス等を排出し、燃料ガスによる異常燃焼を防止する。その後、回転数を点火回転数まで下降し、点火に必要な燃料ガスを、圧力調節弁17と流量調節弁16で調整し、拡散バーナ8に投入して点火プラグ19の設けられた燃焼器3を点火する。

【0021】この点火プラグ19を備えた燃焼器3が点火すると、燃焼器3内の圧力が上昇する。この圧力上昇により、火炎伝播管20で連絡された未着火の燃焼器との間に圧力差が生じ、この圧力差によって燃焼ガスが未着火燃焼器へ送り込まれ、未着火の燃焼器が点火される。こうして、順次全ての燃焼器が点火される。

【0022】点火後は、燃焼安定性に優れた拡散燃焼と窒素酸化物の排出量の少ない予混合燃焼とを併用した運転を行うため、予混合燃料ノズル11に燃料ガスを供給し、予混合器10で燃料ガスと圧縮空気12を混合し、予混合器10出口に設けられた保炎器9で予混合火炎を形成させて運転を行っている。

【0023】(第一の実施例) 本発明の第一の実施例は、このようなガスタービン燃焼器の燃料分岐管18に、スピーカ33、周波数発振器28、信号増幅器27からなる音波発振系(音波発生装置)と、マイクロフォン36、信号増幅器29、周波数分析装置30からなる音波受信系(音波受信装置)によって構成される媒体判別装置25を取り付けたものである。

【0024】ここで、ガスタービンは、電力需要によって起動、停止を頻繁に繰り返すことが多く、停止時には、燃料供給系統21に空気が混入し、空気と燃料ガスが混合し、燃焼可能な混合ガスとなることが考えられる。これを防止するため、ガスタービンの長期停止時や、定期検査時には燃料供給系統21に不活性ガス、例えば、窒素ガス等を封入する。この窒素ガス等の封入により、異常燃焼の発生を防止することが出来る。このような窒素ガス等の封入を行った場合には、ガスタービンの運転時に、燃料供給系統21の窒素ガスをブローしてから点火操作を行う必要がある。しかし、燃料配管内の窒素が完全に排出されない場合が生じる。このため、点火に必要な量の燃料ガスが所定時間内に十分に供給されなくなり、点火不具合を起こす可能性が考えられる。

【0025】本発明の実施の形態では、このようなガスタービン運転時の点火不具合を防止するための手段を設けている。以下に、この手段を具体的に説明する。図2には、第一の実施例の媒体判別装置25の詳細図を示

す。媒体判別装置25は分岐管18、23の間に設置される。媒体判別装置の基本構成部品は、配管26と音波37を発生させるスピーカ33と、発生した音波37を受信するためのマイクロフォン36と、配管内部の温度を検出する為の温度検出装置38によって構成されている。スピーカ33はダクト31に、マイクロフォン36はダクト34に設置されている。

【0026】音波発振系(音波発生装置)は、周波数発振器28と信号増幅器27によって構成されており、周波数発振器28から発振した信号を信号増幅器27で増幅し、スピーカ33に入力する。

【0027】音波受信系(音波受信装置)は、マイクロフォン36と、信号増幅器29と、周波数分析装置30によって構成されており、マイクロフォン36で音波37を検出し、その信号を信号増幅器29で増幅し、周波数分析装置30で配管26内の気柱共鳴周波数を検出する。

【0028】このように音波発振系と音波受信系と備えているので、配管26内部の媒体が燃料であるのかどうか、窒素が排出されているのかどうか等の確認をすることが出来、ガスタービン点火時の不具合を防止することが出来る。更に、配管26内部で窒素が十分に排出されていないことが確認できた場合には、点火を停止することが望ましい。そのため、配管26内部の媒体判別データに基づき、点火装置の制御を行うことが望ましい。

【0029】また、周波数分析手段を備えているので、配管26内部の媒体の密度を検知することが出来、この媒体の種類を確認することが出来る。

【0030】また、気柱共鳴の周波数から配管26内部の媒体密度を精度良く求めるには、媒体温度を検出する必要があるため、配管26内部には温度検出装置38が取り付けてある。温度検出装置38により媒体温度を検出して、その検出値を考慮することにより、配管26内部の媒体密度を精度良く求めることができる。

【0031】ここで、媒体判別装置の判別原理について簡単に説明する。図3には、密度の異なる媒体a、bを配管に充満したとき周波数分析装置で分析した気柱共鳴の周波数スペクトラムの一例を示している。グラフの横軸は周波数を、縦軸には音圧を示している。スペクトラムaは媒体aを流した時の結果を、スペクトラムbは媒体aと同一気柱系、同温条件で媒体bを流した時の結果であり、fa、fbはそれぞれのピーク周波数である。

【0032】気柱共鳴の周波数は、気柱の長さ、境界条件、音速によって決まり、上記条件では、気柱の長さ、境界条件が同一であることから、音速が異なっていることがわかる。音速は温度、比熱比、ガス定数によって決まるため、温度一定の条件であるならば、ガス密度すなわち、媒体が異なっていることがわかる。

【0033】例えば、ガスタービン燃料系統に存在する窒素、メタンを主成分とする天然ガスの音速は、窒素

が1に対し天然ガスは約1.27倍になる。したがって、配管26内に音波を発生させ、気柱共鳴の周波数を分析することにより、分岐管内部に存在するガスが窒素であるか、天然ガスであるかを判別することが可能となり、前述した課題を解決することが可能となる。

【0034】また、通常、ガス燃料は、燃料母管15から燃料マニホールド14に流入し、燃料分岐管18を経て、拡散バーナ8に供給されるが、各々の拡散バーナ8に供給されるタイミングは拡散バーナ8によって異なり、燃料母管15から最も遅い位置の拡散バーナ8に供給される時間が最も遅い。

【0035】したがって、点火栓19は燃料母管15と対向する位置の燃焼器3に設置されている。これは、点火栓19を設置した燃焼器3が点火すれば、その時間内に各拡散バーナ8には燃料が到達しており、点火不具合を防止することができるからである。このため、点火栓19を設置した燃焼器3の燃料分岐管18に媒体判別装置25を設置することが点火不具合を防止する上で最も効果的である。

【0036】ここで、本実施例では、スピーカ33を加振するのに周波数発振器28を用いたが、周波数発振器28からの加振信号をホワイトノイズ信号にすることで、検出時間を短縮することが可能である。通常、周波数発振器28は単一周波数を発振し、これを変化させて気柱の共鳴周波数を検出するが、ホワイトノイズ信号は広帯域を同時に一定レベルで加振することができるため、瞬時に気柱共鳴の周波数を検出することが可能である。

【0037】(第二の実施例) 次に、本発明による第二の実施例を図4、図5を用いて説明する。本実施例では、配管26の内部に共鳴管40を設け、共鳴管40の両端に防爆、防錆構造のスピーカ33、マイクロフォン36を設置したものである。共鳴管40はサポート42、43によって配管26の軸中心に配置され、スピーカ33及びマイクロフォン36は共鳴管40の両端を閉塞しないように、サポート42、43で共鳴管40の軸中心に設置されている。また、図5は、図3のA-A矢視図を示したものであるが、共鳴管40の壁面に流通孔41が多数形成されており、共鳴管40の両端が開放となっているため、配管26を流れる媒体39が共鳴管40の内部に流入することが可能な構造となっている。

【0038】分岐管18から流れてくる媒体39の一部は、共鳴管40の内部に流入し、分岐管23へと流下していく。このような構造にすることにより、分岐管18内に存在する媒体39と共鳴管40内に流入する媒体39を常に同一成分とすることができます。

【0039】判別原理については、第一の実施例と同様であるが、このように構成すると、共鳴管40の長さと境界条件は決まっているため、共鳴周波数を予測することが容易となり、第一の実施例と比べ精度良く媒体39

を判別することができる。

【0040】(第三の実施例) 次に、本発明による第三の実施例を図6を用いて説明する。本実施例の基本構成部品は、第二の実施例と同様である。本実施例では、共鳴管45を媒体の流れ方向と垂直に設け、一端にはスピーカ33を、他端には、マイクロフォン36を設置したものである。共鳴管45には、媒体39が流通するための連通孔46が設けられている。

【0041】このように構成することにより、第二の実施例と同様の理由で第一の実施例と比べて精度良く媒体を判別することができるだけでなく、外部からの共鳴管45の取り外しが可能となり、取り付け、交換等の作業が容易にできるという利点もある。

【0042】(第四の実施例) 次に、本発明による第四の実施例を図7を用いて説明する。本実施例の基本構成部品は第一の実施例と同様である。本実施例では、周波数分析装置の信号を受けて、点火操作指令を発生させる点火操作指令制御装置47を設けるように構成した。

【0043】通常、ガスタービンの点火操作のタイミングは、圧力調節弁17と流量調節弁16で所定の燃料ガスを流し、試運転時に調整された燃料置換時間を置いた後、点火指令を出し点火操作が行われている。このような制御方式であると、燃料配管内に残留している空気や窒素の量によっては、空気や窒素が完全に排出されない状態で点火操作を行う可能性があり、点火不具合を引き起こす原因となることが考えられるが、本実施例のように、媒体判別装置25に点火操作指令制御装置47を追加することにより、燃料配管内が燃料ガスで完全に置換されたのを確認した後、点火栓19を作動させることができると、前述した課題を解決することができる。

【0044】以上説明したように本実施例によれば、各燃焼器に供給される燃料ガスの性状を瞬時に判別することができ、燃焼器点火時の燃料未到達による点火不具合を防止することができる。

【0045】

【発明の効果】本発明によると、ガスタービン燃焼器の運転開始時の点火不具合を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例とその構成を説明する図。

【図2】本発明の第一の実施例の詳細を説明する図。

【図3】本発明の第一の実施例の動作原理を説明する図。

【図4】本発明の第二の実施例の詳細を説明する図。

【図5】本発明の第二の実施例のA-A矢視図。

【図6】本発明の第三の実施例の詳細を説明する図。

【図7】本発明の第四の実施例とその構成を説明する図。

【符号の説明】

50 1…圧縮機、2…ガスタービン、3…燃焼器、4…外

9

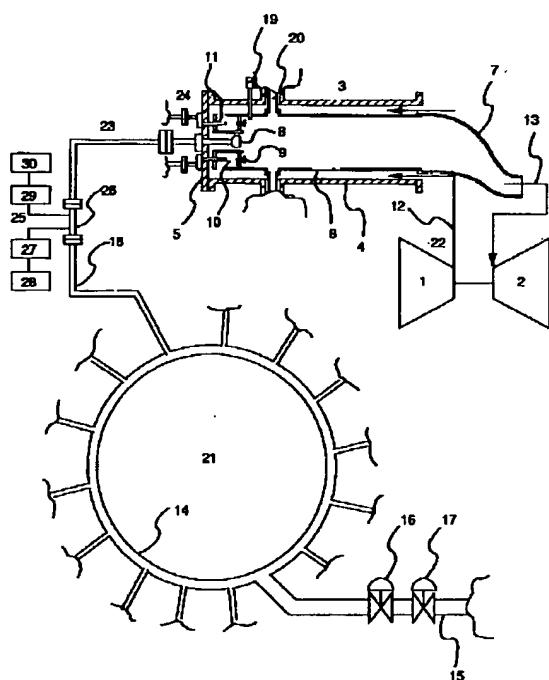
筒、5…エンドカバー、6…内筒、7…トランジションピース、8, 32…拡散バーナ、9…保炎器、10…予混合器、11…予混合燃料ノズル、12…圧縮空気、13…燃焼ガス、14…燃料マニホールド、15…燃料母管、16…流量調節弁、17…圧力調整弁、18, 23…分岐管、19…点火プラグ、20, 45…火炎伝播管、21…燃料ガス供給系、22…空気供給系、25…

10

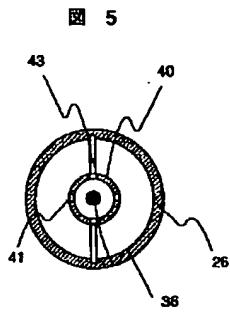
媒体判別装置、26…配管、27…信号増幅器、28…周波数発振器、29…信号増幅器、30…周波数分析装置、31, 34…ダクト、33…スピーカ、36…マイクロフォン、37…音波、38…温度検出装置、39…媒体、40…共鳴管、41, 46…連通孔、42, 43…サポート、44…点火栓、47…点火操作指令制御装置。

【図1】

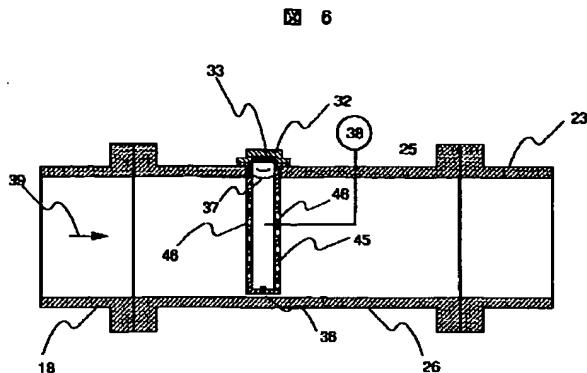
図 1



【図5】

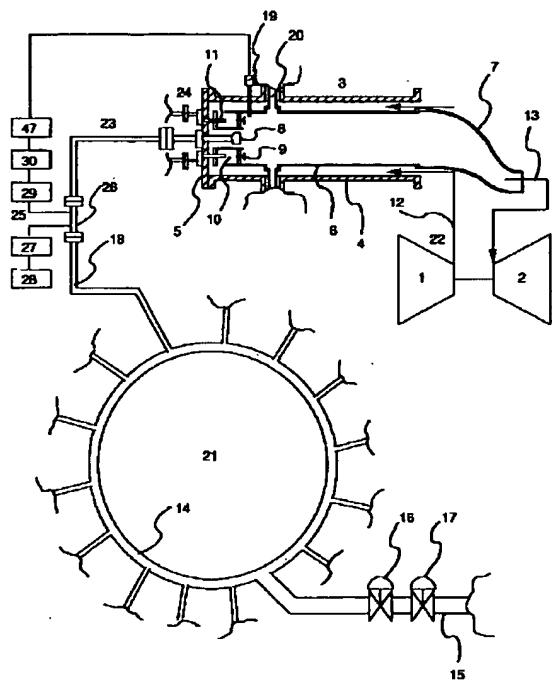


【図6】



【図7】

図 7



## フロントページの続き

(72)発明者 林 明典

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(72) 発明者 大塚 雅哉

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(72) 発明者 室田 知也

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内

(72) 発明者 小林 成嘉

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発研究所内